Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека

1.2. ГИГИЕНА, ТОКСИКОЛОГИЯ, САНИТАРИЯ

Контроль наноматериалов в объектах окружающей среды

Методические рекомендации
МР 1.2.0043—11

gost.e-ecolog.ru

ББК 51.2
К64
К64 **Контроль** наноматериалов в объектах окружающей среды: Методические рекомендации.— М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2012.—34 с.

1. Разработаны Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Г. Г. Онищенко, И. В. Брагина, О. И. Аксенова, Т. Ю. Завистяева); Учреждением Российской академии медицинских наук «Научно-исследовательский институт питания РАМН» (В. А. Тутельян, И. В. Гмошинский, С. А. Хотимченко, М. М. Гаппаров, В. В. Бессонов, И. В. Аксенов, О. И. Передеряев, Е. А. Арианова, Р. В. Распопов, В. В. Смирнова, О. Н. Тананова, А. А. Шумакова, А. А. Казак); Государственным учебно-научным учреждением «Биологический факультет Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова» (М. П. Кирпичников, К. В. Шайтан, А. П. Бонарцев, А. В. Феофанов, Д. В. Багров, В. В. Воинова, Г. Е. Онищенко); ФГБУ «Научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии им. Почетного академика Н. Ф. Гамалеи» Минздрвсоцразвития России (А. Л. Гинцбург, Б. С. Народицкий, Д. Ю. Логунов, М. М. Шмаров, Г. Л. Неугодова, Л. В. Черенова, В. Н. Рогожин); Учреждением Российской академии наук «Институт биохимии им. А. Н. Баха РАН» (В. О. Попов, Б. Б. Дзантиев, А. В. Жердев, О. Д. Гендриксон); Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы» (С. А. Кононогов, С. С. Голубев); Учреждением Российской академии наук «Центр «Биоинженерия» РАН (К. Г. Скрябин, О. А. Зейналов, Н. В. Равин, С. П. Комбарова); ФБУЗ «Федеральный центр гигиены и эпидемиологии» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (А. И. Верещагин, А. А. Катуркина); ООО «Интерлаб» (А. Н. Веденин, Г. В. Казыдуб).

2. Разработаны в рамках Федеральной целевой программы «Развитие инфраструктуры наноиндустрии в Российской Федерации на 2008—2011 годы».

3. Утверждены Руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации Г. Г. Онищенко 17 октября 2011 г.

4. Введены в действие 17 октября 2011 г.

5. Введены впервые.

ББК 51.2

© **Роспотребнадзор, 2012**
© **Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2012**

Содержание

I. Область применения 4
II. Нормативные ссылки 5
III. Общие положения 8
IV. Порядок и организация контроля наноматериалов в объектах окружающей среды 10
V. Особенности контроля наноматериалов в отдельных видах объектов окружающей среды 18
5.1. Атмосферный воздух 18
5.2. Водные объекты 21
5.3. Почвы 23
5.4. Растения 24
5.5. Гидробионты 26
5.6. Организмы теплокровных животных 28
Приложение 1. Обозначения и сокращения 31
Приложение 2. Рекомендуемый перечень и краткая характеристика стандартных образцов, применяемых при выявлении, идентификации и количественном определении приоритетных НЧ/НМ в объектах окружающей среды 32

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель Федеральной службы
по надзору в сфере защиты прав
потребителей и благополучия человека,
Главный государственный санитарный врач
Российской Федерации
Г. Г. Онищенко
17 октября 2011 г.
Дата введения: с момента утверждения

1.2. ГИГИЕНА, ТОКСИКОЛОГИЯ, САНИТАРИЯ

Контроль наноматериалов в объектах окружающей среды

Методические рекомендации
МР 1.2.0043—11

I. Область применения

1.1. Настоящие методические рекомендации определяют порядок контроля искусственных наноматериалов абиогенного и биогенного происхождения в объектах окружающей среды: атмосферном воздухе, водных объектах, гидробионтах, растениях и животных.

1.2. Настоящие методические рекомендации применяются в ходе контроля за содержанием наноматериалов в окружающей среде в целях принятия решений по оценке рисков для здоровья человека, связанных с наноматериалами искусственного происхождения.

1.3. Методические рекомендации разработаны с целью обеспечения единства измерений и адаптации имеющихся методов и средств измерений в ходе оценки безопасности наноматериалов и нанотехнологий для состояния здоровья человека, сельскохозяйственных и домашних животных, компонентов естественных биоценозов.

1.4. Методические рекомендации предназначены для специалистов органов и организаций Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, а также могут быть использованы научно-исследовательскими организациями гигиенического профиля, медицинскими учебными заведениями и иными организациями и учреждениями, проводящими исследования по оценке безопасности наноматериалов.

1.5. Положения настоящих методических рекомендаций не распространяются на контроль:

– потребительской продукции наноиндустрии (парфюмерно-косметическая продукция, средства бытовой химии, дезинфицирующие средства, строительные и отделочные материалы, текстиль, упаковочные материалы);

– в объектах окружающей среды частиц нанометрового размера ($PM_{0,1}$), образующихся при природных явлениях (лесных пожарах, извержениях вулканов и так далее), наночастиц техногенного происхождения, содержащихся в продуктах сгорания, образующихся при работе транспортных средств и тепловых электростанций, наночастиц радионуклидов, образующихся при авариях на радиационно-опасных объектах.

II. Нормативные ссылки

2.1. Федеральный закон от 22 июня 1993 г. № 5487-1 «Основы законодательства Российской Федерации об охране здоровья граждан».

2.2. Федеральный закон от 25 ноября 2009 г. № 267-ФЗ «О внесении изменений в Основы законодательства Российской Федерации об охране здоровья граждан и отдельные законодательные акты Российской Федерации».

2.3. Федеральный закон от 30 марта 1999 г. № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения».

2.4. Федеральный закон от 2 января 2000 г. № 29-ФЗ «О качестве и безопасности пищевых продуктов».

2.5. Федеральный закон от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений».

2.6. Федеральный закон от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании».

2.7. Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды».

2.8. Федеральный закон от 24 июня 1998 г. № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления».

2.9. Постановление Правительства Российской Федерации от 21 декабря 2000 г. № 987 «О государственном надзоре и контроле в области обеспечения качества и безопасности пищевых продуктов».

2.10. Постановление Правительства Российской Федерации от 21 декабря 2000 г. № 988 «О государственной регистрации новых пищевых продуктов, материалов и изделий».

2.11. Постановление Правительства Российской Федерации от 2 февраля 2006 г. № 60 «Об утверждении Положения о проведении социально-гигиенического мониторинга».

2.12. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 23 августа 2010 г. № 708 н «Об утверждении Правил лабораторной практики».

2.13. Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 23 июля 2007 г. № 54 «О надзоре за продукцией, полученной с использованием нанотехнологий и содержащей наноматериалы».

2.14. Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 31 октября 2007 г. № 79 «Об утверждении Концепции токсикологических исследований, методологии оценки риска, методов идентификации и количественного определения наноматериалов».

2.15. Приказ Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека от 19 июля 2007 г. № 224 «О санитарно-эпидемиологических экспертизах, обследованиях, исследованиях, испытаниях и токсикологических, гигиенических и иных видах оценок».

2.16. Приказ Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека от 17 ноября 2006 г. № 367 «О Порядке проведения социально-гигиенического мониторинга, представления данных и обмена ими».

2.17. СанПиН 2.1.7.1322—03 «Гигиенические требования к размещению и обезвреживанию отходов производства и потребления».

2.18. СанПиН 2.1.5.980—00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод».

2.19. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200—03 (с изменениями от 10.04.2008 и от 06.10.2010) «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов».

2.20. СанПиН 2.1.4.1074—01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества».

2.21. ГН 1.2.2633—10 «Гигиенические нормативы содержания приоритетных наноматериалов в объектах окружающей среды».

2.22. СП 2.1.5.1059—01 «Гигиенические требования к охране подземных вод от загрязнения».

2.23. СП 1.1.1058—01 «Организация и проведение производственного контроля за соблюдением санитарных правил и выполнением санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий».

2.24. Р 2.2.2006—05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда».

2.25. Р 2.2.1766—03 «Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки».

2.26. МУ 1.2.2520—09 «Токсиколого-гигиеническая оценка безопасности наноматериалов».

2.27. МУ 1.2.2636—10 «Проведение санитарно-эпидемиологической экспертизы продукции, полученной с использованием нанотехнологий и наноматериалов».

2.28. МУ 1.2.2744—10 «Порядок отбора проб для выявления, идентификации и характеристики действия наноматериалов в рыбах».

2.29. МУ 1.2.2740—10 «Порядок отбора проб для выявления, идентификации и характеристики действия наноматериалов в водных беспозвоночных».

2.30. МУ 1.2.2741—10 «Порядок отбора проб для выявления и идентификации наноматериалов в лабораторных животных».

2.31. МУ 1.2.2742—10 «Порядок отбора проб для выявления и идентификации наноматериалов в растениях».

2.32. МУ 1.2.2743—10 «Порядок отбора проб для выявления и идентификации наноматериалов в водных объектах».

2.33. МР 1.2.2522—09 «Выявление наноматериалов, представляющих потенциальную опасность для здоровья человека».

2.34. МР 1.2.2639—10 «Использование методов количественного определения наноматериалов на предприятиях наноиндустрии и в контролирующих организациях».

2.35. МР 1.2.2640—10 «Методы отбора проб, выявления и определения содержания наночастиц и наноматериалов в составе сельскохозяйственной, пищевой продукции и упаковочных материалов».

2.36. МР 1.2.2641—10 «Определение приоритетных видов наноматериалов в объектах окружающей среды, живых организмах и пищевых продуктах».

2.37. МР 1.2.0016—10 «Методика классифицирования нанотехнологий и продукции наноиндустрии по степени их потенциальной опасности».

2.38. ГОСТ 8.207—76 «Государственная система обеспечения единства измерений. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. Основные положения».

2.39. ГОСТ 30333—2007 «Паспорт безопасности химической продукции. Общие требования».

2.40. ГОСТ 12.0.004—79 «Организация обучения работающих безопасности труда. Общие положения».

2.41. ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025—2006 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий».

2.42. ГОСТ Р ИСО 7708—2006 «Качество воздуха. Определение гранулометрического состава частиц при санитарно-гигиеническом контроле».

2.43. ГОСТ Р ИСО 14644-3—2007 «Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды. Часть 3. Методы испытаний».

2.44. ГОСТ 2761—84 «Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические и технические требования и правила выбора».

2.45. ГОСТ 17.1.3.08—82 «Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества морских вод».

2.46. ГОСТ 12.1.007—76 «Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности».

2.47. ГОСТ 12.1.005—88 «Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».

2.48. ГОСТ 17.2.3.01—86 «Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населённых мест».

2.49. ГОСТ 7.32—2001 «Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления».

2.50. ГОСТ 17.1.5.05—85 «Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков».

2.51. ГОСТ 26929—94 «Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб».

2.52. ГОСТ Р 52833—2007 (ИСО 22174:2005) «Микробиология пищевой продукции и кормов для животных. Метод полимеразной цепной реакции (ПЦР) для определения патогенных микроорганизмов. Общие требования и определения».

2.53. ISO/TR 12885:2008(E) Nanotechnologies – Health and safety practices in occupational settings relevant to nanotechnologies.

III. Общие положения

3.1. Контроль наноматериалов (НМ) в объектах окружающей среды осуществляется в целях:

– мониторинга состояния здоровья населения и среды обитания, анализа, оценки и прогноза возможных неблагоприятных последствий, связанных с распространением НМ;

– оценки рисков, связанных с ввозом в страну, производством, оборотом, применением и утилизацией НМ и содержащей их продукции;

– проведения санитарно-эпидемиологических экспертиз, обследований, исследований, испытаний и гигиенических оценок

продукции в соответствии с приказом Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека от 19 июля 2007 г. № 224 и МУ 1.2.2636—10.

3.2. Контроль НМ в объектах окружающей среды проводится органами и учреждениям Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека и научно-исследовательскими учреждениями (лабораториями, испытательными центрами), аккредитованными в установленном порядке на проведение таких исследований.

3.3. Организации, проводящие мероприятия по контролю НМ в объектах окружающей среды:

3.3.1) руководствуются правилами надлежащей лабораторной практики в соответствии с приказом Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 23 августа 2010 г. № 708н;

3.3.2) оснащаются необходимым оборудованием и метрологически аттестованными средствами измерений, прошедшими поверку (калибровку) в установленном порядке; эксплуатируемыми в соответствии с техническим паспортом и инструкцией по применению (примечание: результаты проведения поверки (калибровки) и текущего ремонта оборудования фиксируются в специальном журнале, доступном в любое время сотрудникам, эксплуатирующим оборудование или обеспечивающим его обслуживание; применяются средства измерений, имеющие сертификат Ростехрегулирования и зарегистрированные в Государственном реестре средств измерений);

3.3.3) имеют в своём распоряжении стандартные образцы наночастиц (НЧ) и НМ, подлежащих контролю;

3.3.4) располагают выделенными оборудованными помещениями для работы с НМ и биологическими образцами; стандартными операционными процедурами (СОП); оборудованными хранилищами для НМ, образцами объектов окружающей среды и продукции.

3.4. Работы по контролю НМ в объектах окружающей среды метрологически обеспечиваются. Для этого в организации, проводящей исследования, используются метрологически аттестованные методики определения НМ в объектах окружающей среды, утвержденные в установленном порядке. Для верификации, стандартизации и калибровки методов, применяемых при выявлении и идентификации НМ, используются стандартные образцы НМ, аттестованные в установленном порядке.

Каждый из тестов, используемых при проведении количественных определений НМ в объектах окружающей среды, характеризуется по следующим показателям:

– минимальное определяемое количество вещества;

– диапазон линейности стандартного графика;
– приемлемый коэффициент вариации для анализа образца;
– воспроизводимость результатов.

3.5. Мероприятия по обеспечению качества проводимых исследований включают оформление перечня исследований, проводимых в организации, с указанием для каждого исследования заказчика и руководителя, названия определяемого НМ, даты начала и состояния каждого исследования на текущий момент времени, результатов оценки протоколов и методов исследования на соответствие правилам лабораторной практики, данных мониторинга текущих исследований, сведений о проведенных проверках и рекомендаций по устранению недостатков.

Для осуществления программы по обеспечению качества исследований все производственные операции проводятся в соответствии с СОП. Соблюдение СОП осуществляется в целях обеспечения качества, достоверности и воспроизводимости результатов исследования.

3.6. Организация, проводящая исследования по контролю НМ в объектах окружающей среды, обеспечивает конфиденциальность результатов исследований в рамках принятых ею обязательств и в соответствии с законодательством Российской Федерации. Сотрудники, принимающие участие в проведении исследований по контролю НМ в объектах окружающей среды, соблюдают конфиденциальность в отношении любых данных, полученных в ходе исследования, в соответствии с законодательством Российской Федерации.

3.7. Основным документом, подтверждающим результаты определения НМ, является отчёт о проведённом исследовании. Отчет составляется в соответствии с п. 4.9 настоящих методических рекомендаций.

IV. Порядок и организация контроля наноматериалов в объектах окружающей среды

4.1. Организация, осуществляющая контроль НМ в объектах окружающей среды, составляет программу (план) контроля. Программа (план) контроля составляется ответственным исполнителем, утверждается руководителем организации, осуществляющей контроль, и содержит следующие основные положения.

4.1.1. Перечень НЧ/НМ, являющихся потенциальными загрязнителями объектов окружающей среды на территории контроля (мониторинга), с указанием их известных физических, физико-химических и токсикологических характеристик (при наличии).

4.1.2. Перечень объектов окружающей среды, подлежащих контролю (мониторингу) НМ на данной территории (в данном регионе), который может включать:

– атмосферный воздух (на территории производственных объектов предприятий наноиндустрии, в их санитарно-защитных зонах, в населённых пунктах);

– водные объекты (водопроводная вода, вода открытых водоёмов, донные отложения, грунтовые воды, атмосферные осадки);

– гидробионты (рыбы, беспозвоночные);

– почвы;

– дикорастущие и сельскохозяйственные растения;

– дикие и домашние животные;

– сельскохозяйственное сырьё растительного и животного происхождения;

– пищевые продукты.

4.1.3. Контрольные точки для отбора проб объектов окружающей среды.

4.1.4. Используемые методы отбора проб объектов окружающей среды для определения НЧ/НМ.

4.1.5. Обоснование и перечень применяемых методов анализа НЧ/НМ в объектах окружающей среды.

4.1.6. Перечень и величины гигиенических нормативов НЧ/НМ (при их наличии), подлежащих контролю в объектах окружающей среды.

4.1.7. Периодичность проведения мероприятий по контролю НМ во всех установленных контрольных точках.

4.1.8. Соблюдение правил надлежащей лабораторной практики при проведении процедур контроля.

4.1.9. Стандартизация и метрологический контроль измерений.

4.2. Приоритеты в выборе НЧ/НМ, подлежащих контролю в объектах окружающей среды, устанавливаются на основании:

– сведений о размещении производственных объектов, являющихся потенциальными источниками загрязнения окружающей среды НЧ/НМ на территории (в регионе), где проводятся контрольные мероприятия;

– ассортимента и объёмов промышленного производства НЧ/НМ, ввоза содержащей их продукции на контролируемую территорию и тех видов её использования, которые сопровождаются поступлением в значительных количествах НЧ/НМ в окружающую среду (например, в составе агрохимикатов, пестицидов и агромелиоративных препаратов, средств очистки воды, препаратов для искусственного стимулирования атмосферных осадков и т. д.);

– потенциальной опасности НЧ/НМ для здоровья человека, устанавливаемой методом математического моделирования на основе представленных в литературе данных о физических, физико-химических, биологических и экологических свойствах НЧ/НМ согласно МР 1.2.2522—09 и МР 1.2.0016—10;

– наличия методов выявления, идентификации и специфического количественного выявления НЧ/НМ в подлежащих контролю объектах окружающей среды.

4.3. Критериями для установления перечня объектов окружающей среды, подлежащих контролю содержания НЧ/НМ, являются:

– вероятность экспонирования человека объектами окружающей среды, потенциально загрязнёнными НЧ/НМ («степень близости к человеку» в терминологии МР 1.2.0016—10); особое внимание при этом уделяют вероятности экспонирования наиболее чувствительных к неблагоприятным воздействиям НЧ/НМ популяций (групп повышенного риска) – детей, беременных и кормящих женщин, больных хроническими заболеваниями и других;

– имеющиеся данные о маршрутах миграции НЧ/НМ от непосредственных источников загрязнения в различные объекты окружающей среды с потоками воздуха, воды, при межсредовых переходах, по трофическим цепям биосферы и т. д.;

– данные о способности НЧ/НМ к накоплению (тропизме) в отдельных объектах окружающей среды.

4.4. Выбор контрольных точек для отбора образцов объектов окружающей среды на обследуемой территории осуществляется в привязке к местам расположения предприятий, производящих и применяющих НЧ/НМ, и объектов, осуществляющих утилизацию НЧ/НМ (полигонов твёрдых бытовых и промышленных отходов, мусоросжигательных заводов и др.), санитарно-защитным зонам, маршрутам движения загрязнённых сред, населённым пунктам, объектам здравоохранения и рекреации и др. При выборе контрольных точек необходимо учитывать факторы, способные оказать влияние на пути (маршруты) миграции НЧ/НМ в окружающей среде, в т. ч. геологическое строение, рельеф местности, метеоусловия (господствующее направление ветров) и т. д. Контрольные точки для отбора разнородных объектов окружающей среды (например, воздуха, воды и живых организмов) располагают таким образом, чтобы иметь возможность оценить при интерпретации полученных данных происходящие межсредовые переходы НЧ/НМ.

4.5. При составлении программы контроля заранее известных источников загрязнения природной среды НЧ/НМ (например, от предприятий с установленной номенклатурой продукции наноин-

дустрии) в программу (план) контроля вносятся следующие сведения о контролируемых НЧ/НМ:

1) наименование НЧ/НМ;

2) сведения об организации-производителе;

3) технология производства НМ с оценкой возможности его поступления в производственную и окружающую природную среду; приложение – оценка потенциальной опасности технологии по МР 1.2.0016—10;

4) сведения о составе НМ: название, химическая формула вещества, номер CAS (при наличии), присутствие примесей (примечание: приводится информация о составе НМ, раскрывающая риск, связанный с его производством и применением);

5) физико-химические свойства:

– агрегатное состояние, средний размер частиц, удельная площадь поверхности, формфактор;

– наличие кристаллической либо аморфной высокодисперсной фазы;

– плотность;

– растворимость в воде и биологических средах;

– температура плавления, кипения, вспышки, воспламенения;

– возможность и условия самовозгорания;

– способность к агломерации и агрегации;

6) стабильность и химическая активность с указанием условий, которых следует избегать (температура, удары и др.), чтобы не вызвать опасную реакцию; перечисление веществ, контакт с которыми следует избегать, чтобы не вызвать опасной реакции;

7) токсичность, с полным описанием вредных воздействий при контакте с организмом человека;

8) воздействие на окружающую среду: подвижность, стойкость, биокумулятивный потенциал (при наличии данных);

9) виды опасного воздействия и условия их возникновения, в т. ч. возможные результаты при неправильном использовании НМ; пути возможного поступления в организм;

10) средства предотвращения поступления НМ в производственную и окружающую природную среду. Меры по предотвращению чрезвычайных ситуаций; меры личной и коллективной безопасности;

11) правила обращения и хранения.

4.6. Отбор проб объектов окружающей среды, транспортирование, хранение и подготовка проб к анализу (исследованию) содержания НЧ/НМ осуществляется с учётом того, что образцы, содержащие НЧ/НМ, могут являться источниками биологической опасности. Отбор проб проводят таким образом, чтобы свести к минимуму неконтролируемые процессы физико-химической транс-

формации НЧ/НМ (растворение, агломерация, агрегация, коагуляция и др.), способные исказить результаты анализа. Общая процедура отбора проб состоит, как правило, в отборе достаточно представительного количества точечных проб, их соединения с получением объединённой пробы, её гомогенизации (усреднения) с последующим выделением средней пробы в количестве, достаточном для проведения анализов, устанавливаемых планом исследования (лабораторная проба) и возможных проверочных и арбитражных процедур (контрольная проба). Пробы отбирают так, чтобы обеспечить их репрезентативность, то есть нечувствительность к вариабельности исследуемого показателя (содержания НЧ/НМ) между отдельными порциями контролируемого объекта окружающей среды. Для обеспечения этого используются частные процедуры пробоотбора и пробоподготовки, представленные в нормативно-методических документах, утверждённых в установленном порядке (МР 1.2.2640—10, МУ 1.2.2740—10, 1.2.2742—10—1.2.2744—10 и др.).

4.7. При выявлении, идентификации, качественном и количественном анализе НЧ/НМ в объектах окружающей среды используются методы измерений (анализа), метрологические характеристики которых отвечают цели и задачам проводимых исследований. В частности, при проведении контроля содержания НМ в объектах окружающей среды на соответствие действующим гигиеническим нормативам, минимальное определяемое количество НМ для используемого метода составляет не более 50 % от референтного уровня (гигиенического норматива) содержания НМ в данном объекте. Применяются методы выявления и идентификации НЧ/НМ, способные дифференцировать НЧ/НМ от их химических аналогов в традиционной форме макроскопических дисперсий и сплошных фаз.

Основным методом анализа, позволяющим дифференцировать НЧ/НМ от их химических аналогов в традиционной форме макроскопических дисперсий и сплошных фаз в составе объектов окружающей среды, является просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ). Выявление НЧ/НМ в составе образца производится путём обнаружения в препарате элементов структуры в диапазоне размеров 1—100 нм, контрастно отличающихся по величине электронной плотности от окружения (матрикса, дисперсионной среды). Идентификация НЧ/НМ осуществляется путём сравнения характеристик выявленных в образце НЧ с соответствующими характеристиками аттестованных стандартных образцов НЧ/НМ. Подлежат сличению со стандартным образцом размер, форма частиц, распределение по размерам, характер и форма выявленных агрегатов частиц, наличие кристаллической структуры по данным

дифракции электронов в выбранной области, качественный химический состав по данным спектров СХПЭЭ.

Количественная оценка содержания НЧ/НМ в образце осуществляется путём подсчёта числа наноразмерных объектов на единицу объёма жидкого образца или на единицу площади поверхности ультратонкого среза.

В случаях, когда источник загрязнения объектов окружающей среды НЧ/НМ известен заранее, при их контроле допускается применение высокочувствительных методов химического (элементного) анализа, не специфичных в отношении присутствия в образце частиц высокодисперсной фазы. Применимость данных методов к задачам контроля НЧ/НМ определяется следующими факторами:

– должен иметься химический элемент, специфически маркирующий НЧ/НМ данного вида;

– контролируемые НЧ/НМ должны быть нерастворимы и не подвержены необратимой агрегации в природных средах;

– фоновые уровни маркерного химического элемента в составе объектов окружающей среды должны быть достаточно низкими в сравнении с его содержанием в контролируемых НЧ/НМ.

Анализ фуллеренов в природных объектах осуществляется с использованием ВЭЖХ. При этом критерием выявления и идентификации фуллеренов данного вида являются время выхода с хроматографической колонки и спектральная характеристика по данным масс-спектрального или спектрофотометрического детектора, которые должны совпадать с характеристиками стандартного образца. Количественное определение фуллеренов проводится с использованием калибровочного графика в координатах масса—площадь пика, который строится с использованием ряда возрастающих концентраций стандартного образца.

Выявление, идентификация и количественное определение биогенных НМ, содержащих биополимеры (ДНК, РНК, белки) осуществляется с использованием специфических для данного биополимера молекулярно-генетических и иммунохимических методов анализа.

Во всех случаях при анализе НЧ/НМ в составе объектов окружающей среды применяются методики, утверждённые в установленном порядке для данного типа природных объектов. Перечень действующих (по состоянию на 2011 год) нормативно-методических документов, устанавливающих применимость таких методик, приведён в табл. 1.

4.8. При лабораторном контроле НЧ/НМ в составе объектов окружающей среды применяются стандартные образцы НЧ/НМ. Каждый стандартный образец должен быть оснащен «Паспортом безопасности наноматериалов», который составляется в соответ-

Таблица 1

Действующие нормативно-методические документы, устанавливающие методы анализа НЧ/НМ в объектах окружающей среды

Контролируемый объект окружающей среды	Утверждённые нормативно-методические документы	
	Отбор проб	Методы анализа
Воздух рабочей зоны и населённых пунктов	МР 1.2.0022—11	МР 1.2.2639—10, п. 6.4.1
Водопроводная вода, вода открытых водоёмов	МУ 1.2. 2743 —10	МР 1.2.2639—10, п. 6.4.5 МР 1.2.2641—10, п.п. 6.1, 6.2
Сточные воды предприятий	МУ 1.2. 2743 —10	МР 1.2.2639—10, п. 6.4.6
Почвы		МР 1.2.2639—10, п. 6.4.7
Компоненты биоты, в том числе:		
растения	МУ 1.2. 2742 —10	МР 1.2.2639—10, п. 6.4.4
водные беспозвоночные	МУ 1.2. 2740 —10	МР 1.2.2639—10, п. 6.4.4
рыбы	МУ 1.2. 2744 —10	МР 1.2.2639—10, п. 6.4.4
млекопитающие	МУ 1.2. 2741—10	МР 1.2.2641—10, п. 5.1
Сельскохозяйственное сырьё, в том числе:		
растительного происхождения	МР 1.2.2640—10, МУ 1.2. 2742 —10	МР 1.2.2639-10, п. 6.4.4
животного происхождения	МР 1.2.2640—10, МУ 1.2. 2741—10	МР 1.2.2641—10, п. 5.1 МР 1.2.2639—10, п. 6.4.4
Пищевые продукты	МР 1.2.2640—10	МР 1.2.2639—10, п.п. 6.4.2, 6.4.3 МР 1.2.2641—10, п. 5.1

ствии с ГОСТ 30333—2007. Хранение стандартных образцов НМ осуществляется отдельно от остальных веществ (реактивов) с соблюдением условий хранения, указанных в паспорте безопасности на протяжении всего срока годности образца.

Рекомендуемый перечень стандартных образцов НЧ/НМ, необходимых для проведения выявления и идентификации НЧ/НМ в объектах окружающей среды, представлен в прилож. 2.

4.9. По результатам контроля НЧ/НМ в объектах окружающей среды на обследуемой территории составляется отчёт, в котором содержатся:

4.9.1) наименование, адрес организации-исполнителя;

4.9.2) наименование заказчика исследования;

4.9.3) даты начала и завершения исследований;

4.9.4) цель и задачи исследования;

4.9.5) описание контролируемых НМ, включая имеющиеся сведения о физических, химических, биологических, токсикологических свойствах;

4.9.6) характеристика контролируемой территории, в т. ч.:

– наличие предприятий наноиндустрии и других объектов, являющихся источниками выбросов НЧ/НМ в окружающую среду;

– наличие и расположение санитарно-защитных зон;

– краткая демографическая характеристика (перечень населённых пунктов, численность населения в них);

– краткая физико-географическая характеристика (климат, количество осадков, господствующие направления ветров, растительность, водоёмы);

– наличие на территории особо охраняемых природных объектов (заповедников, заказников, национальных парков), объектов рекреации, крупных стационарных медицинских учреждений;

4.9.7) перечень объектов окружающей среды, подлежащих контролю, в соответствии с п. 4.1.2;

4.9.8) методы контроля, включая следующие:

– отбора проб;

– пробоподготовки;

– анализа НЧ/НМ;

– стандартные образцы;

– статистической обработки результатов;

4.9.9) результаты исследования, представленные в виде обобщающих таблиц, рисунков с соответствующей статистической обработкой, и комментариев к ним;

4.9.10) обсуждение результатов, включая оценку рисков, обусловленных выявленными видами загрязнения НЧ/НМ на территории, подлежащей контролю;

4.9.11) выводы;

4.9.12) список использованной литературы;

4.9.13) необходимые приложения, в частности, протоколы отбора проб объектов окружающей среды, оформленные в установленном порядке.

Примечание: при проведении мероприятий по контролю НЧ/НМ на территории предприятий наноиндустрии отчёт может содержать описание технологического процесса, использующего НЧ/НМ, критические контрольные точки производства (Серия технических отчетов ВОЗ № 908. 2003, прилож. 7).

Отчет о результатах проведенного исследования составляется ответственным исполнителем, утверждается руководителем контролирующей организации и скрепляется её печатью.

Отчёт оформляется в соответствии с ГОСТ 7.32—2001.

V. Особенности контроля наноматериалов в отдельных видах объектов окружающей среды

Специфика мероприятий по контролю искусственных НЧ/НМ в объектах окружающей среды, включая установление контрольных точек, периодичность исследования, методы отбора проб и анализа содержания НЧ/НМ, отражена в нормативно-методических документах, утверждённых в установленном порядке. Ниже приведены краткие сведения об особенностях процедуры контроля НЧ/НМ в отдельных видах объектов окружающей среды, приоритетных с позиций социально-гигиенического мониторинга.

5.1. Атмосферный воздух

5.1.1. При составлении программы контроля НЧ/НМ в воздухе оценивают вероятность их поступления в воздух с учётом данных паспортизации НМ согласно п. 4.5. При этом особое внимание уделяется НМ (нанопорошкам), способным образовывать стойкие взвеси в воздухе (наноразмерные аэрозоли) как в условиях их использования по назначению, так и при производственной аварии, а также в ходе хранения, транспортирования, применения и утилизации. Сведения об указанных свойствах НМ получают из технологических регламентов и иной технической документации предприятий наноиндустрии.

5.1.2. Контроль НМ в воздухе осуществляется в целях обеспечения безопасности населения при поступлении в воздух рабочей зоны производств и атмосферный воздух населенных мест НЧ/НМ различного искусственного происхождения.

5.1.3. Перечень приоритетных НЧ/НМ, подлежащих контролю в атмосферном воздухе, устанавливается по сведениям о составе и характере выбросов от источников загрязнения на основе данных инвентаризации выбросов предприятий (объектов), ожидаемых концентраций (по результатам расчётов рассеивания примесей в атмосфере), а также с учётом потенциальных рисков воздействия НМ в аэрозольной форме.

5.1.4. При проведении процедур контроля НЧ/НМ в атмосферном воздухе руководствуются ГОСТ 17.2.3.01—86.

5.1.5. Организация, проводящая контроль НМ в воздухе рабочей зоны, составляет программу производственного контроля с

учетом нормативно-методических документов по контролю вредных веществ (СП 1.1.1058—01; Руководство Р 2.2.2006—05; ГОСТ 12.1.007—76, 12.1.005—88), методов оценки и минимизации риска (Руководство Р 2.2.1766—03; ISO/TR 12885:2008(E), ИСО 14971) и других утвержденных в установленном порядке методик выполнения измерений.

5.1.6. Цель производственного контроля заключается в выявлении, идентификации и оценке содержания НМ в воздухе рабочей зоны, а при наличии гигиенических нормативов – установлении класса вредности и опасности условий труда и степени профессионального риска для здоровья работников и обоснования соответствующих мер защиты (Руководство Р 2.2.2006—05; 2.2.1766—03).

5.1.7. Для выявления опасных технологических участков, процессов и источников образования и выделения наноаэрозолей в воздух рабочей зоны проводится контроль максимальной их концентрации. Для оценки риска воздействия НМ на организм работника контролируется среднесменная концентрация наноаэрозоля с учетом длительности контакта конкретной профессии с вредным веществом на протяжении всей рабочей смены (Руководство Р 2.2.2006—05).

5.1.8. Перечень точек отбора проб для лабораторного исследования воздуха рабочей зоны должен содержаться в «Программе производственного контроля» (согласно СП 1.1.1058—01) в текстовом либо графическом виде.

5.1.9. Отбор проб воздуха проводят в зоне дыхания работника (постоянное рабочее место). При непостоянном рабочем месте отбор проб проводится в точках, в которых работник может находиться в течение смены. Устройства для отбора проб могут быть стационарными или персональными (индивидуальными).

5.1.10. При наличии технологических процессов с использованием высоких температур или размещении технологического оборудования на открытых промышленных площадках отбор проб рекомендуется проводить в теплый и холодный периоды года.

5.1.11. Периодичность контроля вредных веществ в воздухе рабочей зоны и количество проб устанавливается согласно ГОСТ 12.1.005—88 и Руководству Р 2.2.2006—05 (прилож. 9, обязательное): для веществ I класса опасности периодичность контроля – не реже 1 раза в 10 дней; II класса опасности –1 раз в месяц; III класса опасности – 1 раз в 3 месяца; IV класса опасности – 1 раз в 6 месяцев.

5.1.12. Отбор проб воздуха для определения НЧ, представленных в виде аэрозоля с твердой фазой, осуществляется с использованием методик, утверждённых в установленном порядке, и рекомендованного для этого оборудования. Рекомендуется использова-

ние аппарата Кротова (модель 818) или других пробоотборников, использование которых для целей улавливания взвешенных аэрозольных частиц разрешено в установленном порядке.

5.1.13. Выявление и идентификация НЧ/НМ в пробах атмосферного воздуха методом электронной микроскопии осуществляется в соответствии с МР 1.2.2639—10 (п. 6.4.1).

5.1.14. В целях скринингового оперативного контроля неорганических НМ рекомендуется использовать методы AES или ICP-MS в соответствии с МР 1.2.2641—10 (пп. 6.1, 6.2). При выборе маркерных химических элементов для выявления отдельных видов НЧ/НМ ориентируются на МР 1.2.2639—10 (п. 7.1, табл. 13).

5.1.15. Для контроля содержания в воздухе производственных помещений углеродных нанотрубок используется метод ПЭМ с контрастированием солями тяжелых металлов согласно МР 1.2.2639—10 (п. 6.4.1).

5.1.16. Дополнительно для контроля НЧ в воздушной среде рекомендуется использовать методы оценки массовой концентрации и площади поверхности НЧ, а также измерение распределения НЧ, используя анализ подвижности частицы, инерционное смещение; измерения импакторами низкого давления (согласно ГОСТ Р ИСО 7708—2006, 14644-3—2007, ISO/TR 12885:2008(E)). Для количественного определения НЧ (число, поверхность, изображение) могут быть использованы следующие приборы: CPC – Конденсационный счётчик частиц, DMA – Дифференциальный Анализатор Подвижности, TEOM – измерители содержания массы пыли и др.

5.1.17. Проведение мероприятий по контролю НЧ/НМ в воздухе населённых пунктов включает установление постоянных и временных постов наблюдения за степенью загрязнения воздушной среды. Постом наблюдения является выбранное место (точка местности), на котором размещают соответствующие приборы для отбора (анализа) проб воздуха. Посты наблюдений устанавливаются 3 категорий: стационарные, маршрутные, подфакельные.

Стационарный пост предназначен для обеспечения непрерывной регистрации содержания загрязняющих веществ или регулярного отбора проб воздуха для последующего анализа.

Маршрутный пост предназначен для регулярного отбора проб воздуха в случаях, когда необходимо более детально изучить состояние загрязнения атмосферного воздуха в отдельных районах, например, в жилых районах за пределами СЗЗ.

Подфакельный пост предназначен для отбора проб воздуха под дымовым (газовым) факелом с целью выявления зоны влияния данного источника промышленных выбросов. Подфакельные посты располагаются в точках на фиксированных расстояниях от

источника выбросов. Они перемещаются в соответствии с направлением факела источника выбросов.

5.1.18. При проведении натурных исследований с целью выявления зон риска (зон загрязнения атмосферного воздуха НЧ) в окружении предприятий (или иных объектов), размещение постов отбора проб воздуха и последующие лабораторные исследования атмосферного воздуха проводятся на границе предполагаемой санитарно-защитной зоны (в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200—03), основанной на расчетах вероятности поступления НЧ в атмосферный воздух, а также на территории ближайшей жилой застройки.

5.1.19. Выбор местоположения постов наблюдения проводится с учётом ситуационного плана взаимного размещения загрязняющего атмосферу объекта и жилых (и иных защищаемых) территорий. При подфакельных наблюдениях отбор проб воздуха осуществляется с подветренной стороны от промышленной площадки. Площадки размещения постов оборудуются в соответствии со специализированными нормативно-методическими документами, утверждёнными в установленном порядке.

5.1.20. Организации, осуществляющие контроль НЧ/НМ в воздухе, согласовывают размещение постов наблюдений с территориальными органами Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. Число стационарных постов наблюдений определяется в зависимости от характера рельефа местности, площадного распределения источников загрязнения, количества и территориальной близости жилых, рекреационных, курортно-санаторных и других территорий. Регулярные наблюдения на установленных стационарных или маршрутных постах (в соответствии с розой ветров для данной местности и направлению по странам света в отношении защищаемых территорий), осуществляющих отбор проб, проводятся по программе получения информации о разовых и среднесуточных концентрациях загрязняющих веществ. Частота отбора проб устанавливается по согласованию с территориальными органами Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека.

5.1.21. Одновременно с отбором проб воздуха определяют метеорологические параметры: направление и скорость ветра, температуру воздуха, атмосферное давление, состояние погоды и подстилающей поверхности.

5.2. Водные объекты

5.2.1. Контроль НЧ/НМ в водных объектах проводится в целях обеспечения безопасности хозяйственно-питьевого, культурно-бытового и рыбохозяйственного водопользования, предотвра-

щения и/или снижения риска для возникновения заболеваний при водопользовании населения с учетом свойств и разнообразных условий применения НМ.

5.2.2. Загрязнение подземных вод НЧ/НМ возможно при проведении буровых работ, добыче полезных ископаемых открытыми разрезами, карьерами и шахтным способом, закачке в глубокие и продуктивные горизонты буровых растворов, жидких отходов (сточных вод) нанотехнологических производств, организации и эксплуатации полигонов твердых бытовых и промышленных отходов, шламохранилищ, при осуществлении хозяйственной и иной деятельности в пределах зон санитарной охраны источников питьевого водоснабжения, строительстве гидротехнических сооружений, изменяющих условия питания и разгрузки подземных вод.

5.2.3. Попадание НЧ/НМ в питьевую воду может происходить в результате поступления их в источники водоснабжения в ходе хозяйственной деятельности человека, применения в качестве конструкционных элементов оборудования (изоляционные материалы, лаки, краски, прокладки, герметики), конструкционных материалов (трубы, емкости для хранения воды), реагентов, добавляемых в воду при водоподготовке, в составе фильтрующих материалов.

5.2.4. Источниками загрязнения НЧ/НМ открытых водоёмов, помимо вышеперечисленных факторов, является поступление НЧ/НМ с атмосферными осадками, в которых НЧ могут выступать в роли ядер конденсации пересыщенного водяного пара. Возможно также поступление в водоёмы НЧ/НМ, содержащихся в наноструктурированных агрохимикатах и пестицидах в результате их смыва в водоёмы дождевыми и талыми водами.

5.2.5. Контроль НЧ/НМ в водных объектах осуществляется органами и учреждениями Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека и уполномоченными лабораториями.

5.2.6. Выбор водных объектов, в которых осуществляется контроль НЧ/НМ, определяется путями попадания НЧ и НМ в воду и закономерностями циркуляции их в нативной, либо модифицированной форме в воде и включает:

– водные ресурсы водных объектов или их участки, являющиеся источниками питьевого, хозяйственно-бытового централизованного и нецентрализованного водоснабжения;

– водные ресурсы водных объектов или их участков для рекреационного водопользования;

– водные ресурсы подземных водных объектов;

– оросительные системы;

– сточные воды (промышленные и хозяйственно-бытовые).

5.2.7. Объектами для выявления и идентификации НМ в водоемах являются: вода, донные отложения и водная растительность.

5.2.8 Размещение контрольных точек устанавливается согласно СанПиН 2.1.5.980—00, СП 2.1.5.1059—01, СанПиН 2.1.4.1074—01.

5.2.9. Отбор проб воды водного объекта в местах водоотведения проводится в соответствии с МУ 1.2.2743—10 (п. 3.5.2).

5.2.10 Отбор проб воды в системах хозяйственно-питьевого водопользования проводится в соответствии с МУ 1.2.2743—10 (п. 3.5.3).

5.2.11. Отбор проб сточных вод рекомендуется проводить в точках до поступления стока на очистные сооружения и после его очистки.

5.2.12. Минимальная частота отбора проб для контроля НЧ/НМ в водных объектах определяется согласно ГОСТ 2761—84, 17.1.3.08—82, 17.1.5.05—85, СанПиН 2.1.5.980—00, 2.1.4.1074—01, СП 2.1.5.1059—01. При проведении контрольных мероприятий в случае производственной аварии и в других чрезвычайных ситуациях частота отбора проб может быть увеличена.

5.2.13. Методы определения искусственных НЧ/НМ в пробах воды и водных объектах с использованием ПЭМ устанавливаются МР 1.2.2639—10 (пп. 6.4.5—6.4.6).

5.2.14. Контроль фуллеренов в образцах водных объектов воды осуществляется с использованием метода ВЭЖХ. Применяется аналитическое оборудование по МР 1.2.2639—10. Подготовка проб (экстракция проб воды органическим растворителем – толуолом или бромбензолом) проводится согласно МР 1.2.2641—10 (п. 7.2.6.). Экстракцию (извлечение) фуллеренов из образцов донных отложений, водной флоры и фауны проводят методами экстракции подходящими органическими растворителями в соответствии с протоколами, утверждёнными для данного типа объектов в установленном порядке. Анализ содержания фуллерена методом ВЭЖХ проводится согласно МР 1.2.2641—10 (пп.7.2.3, 7.2.4, 7.2.7).

5.2.15. Скрининговые оценки содержания НЧ/НМ в водных объектах проводят с использованием методов элементного анализа (ICP-MS или AES) согласно МР 1.2.2641—10 (пп. 6.1, 6.2). Применимость методов устанавливается на основании критериев, изложенных в п. 4.7 настоящих методических рекомендаций.

5.3. Почвы

5.3.1. Источниками поступления НЧ/НМ в почву являются:

– наноструктурированные минеральные удобрения, стимуляторы роста растений, пестициды и агромелиоративные препараты, вносимые в почву сельхозугодий, или смываемые дождевыми водами с обрабатываемых сельскохозяйственных растений;

– НЧ, поступающие в почву с атмосферными осадками в виде ядер конденсации водяного пара;

– НЧ, НМ и продукты их трансформации, содержащиеся в подвергающихся захоронению производственных и бытовых отходах.

5.3.2. Контрольные точки для определения НЧ/НМ в почвах устанавливаются на территории предприятий наноиндустрии, в их санитарно-защитных зонах, на сельхозугодьях, подвергающихся обработке наноструктурированными агрохимикатами, на территориях населённых пунктов и объектов рекреации, где возможнее контакт человека (особенно детей) с почвой.

5.3.3. Периодичность отбора проб почвы для контроля НЧ/НМ устанавливается органами и учреждениями Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека в субъектах Российской Федерации в соответствии с действующей программой мониторинга.

5.3.4. Отбор проб почвы для определения НЧ/НМ осуществляется в соответствии с методиками, утверждёнными в установленном порядке. Методы выявления и идентификации НЧ/НМ в почвах с использованием ПЭМ представлены в МР 1.2.2639—10 (п. 6.4.7).

5.4. Растения

5.4.1. Объектами контроля НЧ/НМ в растениях являются:

– растительное сельскохозяйственное сырьё, полученное с использованием наноструктурированных и нанодиспергированных и (или) содержащих искусственные НЧ и НМ минеральных удобрений, средств защиты растений, ядохимикатов (пестицидов);

– растительное сельскохозяйственное сырьё, биомасса дикорастущих растений, водоросли и морские травы, подвергающиеся контаминации НЧ/НМ, содержащимися в промышленных и бытовых отходах, поступающими с грунтовыми водами и атмосферными осадками;

– растительное сырьё и древесина, подвергнутые обработке искусственными НЧ и НМ в ходе промышленной переработки.

5.4.2. При выборе контрольных точек для отбора образцов растительности в целях контроля НЧ/НМ учитывают:

– характеристику территории, на которой производится обследование растений (местоположение, наличие антропогенных факторов загрязнения, близость к предприятиям наноиндустрии, наличие пылевых или жидких выбросов этих предприятий);

– сведения о применении наноструктурых агрохимикатов на подлежащих контролю сельскохозяйственных угодьях;

– видовой состав обследуемой флоры;

– сведения о свойствах контролируемого НМ (если он известен).

5.4.3. В качестве объектов для контроля НМ в растительном покрове рекомендуется выбирать массовые дикорастущие виды злаков – пырей (*Agropyron sp. L.*), тимофеевку (*Phleum sp. L.*) и др., культивируемые виды злаков – пшеницу (*Tritucum sp. L.*), ячмень (*Hordeum sp. L.*), рожь (*Secale sp. L.*), овес (*Avena sp. L.*), рис (*Oryza sp. L.*), а также другие виды одно- и многолетних травянистых растений. Выбор представителей семейства злаков (*Poaceae*) является оптимальным в связи с их повсеместным распространением (дикорастущие злаки) и с их разведением в сельском хозяйстве как основных зерновых культур. Большинство дикорастущих злаков - многолетние растения, ежегодно отрастающие от корневищ, зимующих в почве, что создаёт дополнительные возможности для аккумуляции НМ в подземных частях этих растений.

5.4.4. Древесная флора также может являться акцептором НЧ. В организм животных и человека НМ могут поступать по пищевым цепям, что вызывает необходимость контроля содержания НМ в лесных ресурсах. На степень воздействия НМ на лесной биогеоценоз могут влиять следующие факторы: действующие уровни НМ, видовая чувствительность, возрастная стадия роста и развития растений, тип лесной флоры и другое. По уровню содержания НМ в древесине и лиственной части деревьев при одинаковой плотности загрязнения НМ почвы и в одинаковых лесорастительных условиях основные лесообразующие породы образуют, в порядке убывания, следующий условный ряд: мягколиственные породы, твердолиственные породы, хвойные породы. Следует ожидать, что накопление НМ древесным ярусом будет происходить интенсивнее в молодых, чем в средневозрастных, приспевающих и спелых растениях, а деревья лучшего класса роста будут накапливать НМ больше и интенсивнее, чем угнетенные и отстающие в росте. У всех древесных пород наибольшее содержание НМ ожидается в вегетативных органах (листья или хвоя и побеги), а наименьшее – в древесине.

5.4.5. Контроль НЧ/НМ можно при необходимости проводить также в других компонентах лесного фитоценоза – мхах, лишайниках и грибах, которые могут подвергаться загрязнению НМ в том числе за счет их поступления из почвы. Следует ожидать, что большой способностью концентрировать НМ могут обладать мхи и лишайники. В некоторых видах грибов содержание НМ может быть таким же высоким, как в лишайниках и мхах. В шапках грибов ожидаемое содержание НМ выше, чем в ножке.

5.4.6. В зависимости от цели и задач контроля выделяют следующие виды наблюдений за уровнями загрязнения НЧ/НМ дикорастущей флоры:

– исходные наблюдения, фиксирующие уровни загрязнения дикорастущей флоры НМ на момент начала проведения мониторинга;

– плановые (периодические или сезонные) наблюдения в соответствии с регламентом контроля (мониторинга);

– внеплановые (оперативные) наблюдения при чрезвычайных ситуациях (промышленных аварийных выбросах);

– сплошное обследование с целью определения зоны поражения в случае промышленных аварийных выбросов.

5.4.7. Плановое определение содержания НМ в дикорастущей флоре проводится один раз в год (если другое не определено) – в период начала вегетации (для средней полосы России – май-июнь).

5.4.8. Внеплановое и сплошное обследование проводится после аварии с целью определения уровней загрязнения НМ и состава выпадений. Сплошное обследование дикорастущей флоры проводится на всей территории, расположенной на прогнозируемом следе выпадений НЧ, с учётом данных метеонаблюдений на момент аварии и последующие сутки, и территории, прилегающей к нему.

5.4.9. При отборе проб растений для контроля за НЧ/НМ состав и объём отбираемых проб, методы их консервации, хранения, транспортирования и маркировки определяются в соответствии с МУ 1.2.2742—10 и другими нормативно-методическими документами, утверждёнными в установленном порядке.

5.4.10. Перечень реактивов и оборудования, применяемых при выявлении и идентификации НМ в растениях, а также порядок выявления НЧ в образцах методом просвечивающей электронной микроскопии представлен в МР 1.2.2639—10 (п. 6.4.4). Перечень реактивов и оборудования, применяемых при выявлении и идентификации фуллеренов в дикорастущей флоре, а также порядок выявления фуллеренов в образцах методом ВЭЖХ приведен в МР 1.2.2639—10, 1.2.2641—10.

5.5. Гидробионты

5.5.1. Контроль НМ в гидробионтах (рыбах, водных беспозвоночных) проводится в целях обеспечения безопасности продукции, предотвращения и/или снижения риска для возникновения заболеваний при использовании рыбопродукции населением с учетом свойств и разнообразных условий применения НМ.

5.5.2. Попадание в гидробионты НМ может происходить в результате поступления их в источники водоснабжения с атмосферными осадками, сточными водами предприятий наноиндустрии, стоками дождевых и талых вод с сельхозугодий, обработанных наноструктурированными агрохимикатами, при применении НЧ/НМ в составе конструкционных элементов оборудования (изоляционные

материалы, лаки, краски, прокладки, герметики), конструкционных материалов (трубы, емкости для хранения воды), фильтрующих элементов, реагентов, добавляемых в воду при водоподготовке.

5.5.3. Выбор контрольных точек для отбора проб гидробионтов в целях определения содержания НЧ/НМ осуществляется на основе тех же принципов, что и в случае отбора проб водных объектов из открытых водоёмов (п. 5.2 настоящих методических рекомендаций). При отборе проб из проточных водоёмов рекомендуется устанавливать контрольные точки выше и ниже места поступления сточных вод.

5.5.4. Периодичность отбора проб определяется согласно ГОСТ 2761—84, 17.1.3.08—82, 17.1.5.05—85, СанПиН 2.1.5.980—00, 2.1.4.1074—01, СП 2.1.5.1059—01. Указанные документы устанавливают обязательную минимальную частоту отбора проб в зависимости от типа водного объекта, его санитарного состояния. С учетом результатов санитарного надзора за состоянием водных объектов, питьевой воды на содержание НМ промышленного, сельскохозяйственного и бытового происхождения частота отбора проб может быть увеличена.

5.5.5. Выбор видов гидробионтов, в которых осуществляется определение НМ, определяется их численностью (фоновые виды) и промысловой значимостью. Использовать лучше всего фоновые для данной местности виды, чтобы иметь гарантию отлова одного и того же вида гидробионтов во всех изучаемых точках. Рекомендуется учитывать экологические характеристики водных организмов – распределение, типы питания и размножение.

5.5.6. Критическими органами для контроля НМ в рыбах являются в порядке убывания значимости: 1) жабры, 2) желудочно-кишечный тракт, 3) печень, 4) гонады, 5) головной мозг, 6) мышечная ткань (каркас). Отбор проб проводится в соответствии с МУ 1.2. 2744—10.

5.5.7. Наиболее подходящими для контроля НЧ/НМ видами водных беспозвоночных являются организмы-фильтраторы (ветвистоусые рачки и двустворчатые моллюски) и детритофаги (ракообразные). Критическими органами для выявления НМ у двустворчатых моллюсков являются в порядке убывания значимости: 1) жабры, 2) желудочно-кишечный тракт, 3) печень, 4) сердце, 5) гонады, 6) мышечная ткань. Для выявления НМ в мелких ракообразных используют особь целиком. Отбор проб проводится в соответствии с МУ 1.2.2740—10.

5.5.8. При выявлении и идентификации искусственных НЧ/НМ в образцах гидробионтов используются методы ПЭМ, ICP-MS, AES, ВЭЖХ (фуллерены) в соответствии с МР 1.2.2639—10 (пп. 6.4.4, 7.1—7.6, 8.1—8.5) и 1.2.2641—10 (пп. 5.1, 6.1, 6.2). Возможно примене-

ние других методов, утверждённых в установленном порядке. Методы выявления, идентификации и количественного анализа НЧ/НМ в гидробионтах совпадают с методами, применимыми к анализу тканей теплокровных животных (п. 5.6 настоящих методических рекомендаций).

5.6. Организмы теплокровных животных

5.6.1. Контроль НМ осуществляется в организмах теплокровных животных в целях предупреждения/выявления загрязнения окружающей среды искусственными НЧ от расположенных на контролируемой территории промышленных объектов наноиндустрии и других потенциальных источников загрязнения НЧ/НМ.

5.6.2. При выборе объектов контроля среди представителей теплокровных животных рассматриваются возможные пути попадания и аккумуляции загрязняющих веществ в организмы животных, их участие в пищевых цепях биоценоза, а также распространённость животных и трудности, сопряжённые с процессом отлова и проведения анализа. В качестве объектов контроля могут выступать представители отряда грызунов, например, полевая мышь (*Apodemus agrarius*), полёвки (*Microtus arvalis Pall.*, *Clethrionomys glareolus*, *Microtus argestis*, *Arvicola oeconomus* и др.), водная полёвка (*Arvicola terrestris*), домовая мышь (*Mus musculus*), лемминги (*Lemmus sibiricus*, *Dicrostonyx torquatus*, *Myopus schisticolor*); крыса чёрная (*Rattus rattus*), и насекомоядных, например, бурозубки (*Sorex auraneus*, *Sorex polustris*, *Sorex jacksoni*).

Данные виды массово представлены на значительной части территории лесостепной и степной зон России, многие из них составляют большую долю биомассы грызунов. Для обеспечения достоверности исследования необходима группа животных отрицательного контроля, т. е. животных, отловленных в районах, где опасность загрязнения окружающей среды контролируемыми на заданном участке НЧ не прогнозируется.

5.6.3. Контроль НЧ/НМ в животных в плановом порядке осуществляется на обследуемой территории с периодичностью 1 раз в год (в соответствии с приказом Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека от 17 ноября 2006 г. № 367 «О Порядке проведения социально-гигиенического мониторинга, представления данных и обмена ими»). Предпочтительно проведение мероприятий по контролю в весенне-летний период (май-сентябрь), когда поведенческая активность животных максимальна. В случае внепланового контроля либо внештатной ситуации на производстве и крупного выброса НЧ в окружающую среду проводится внеплановый забор материала для контроля, например, непосредственно после происшествия, через несколько часов, на следующие сутки, на третьи сутки, а также че-

рез неделю и месяц после аварии для отслеживания динамики аккумуляции НЧ в организмах животных. Частота отбора проб в случае аварии, контрольные точки и количество образцов устанавливаются для каждого конкретного объекта наноиндустрии индивидуально в зависимости от его локализации, типа производимых/используемых в технологическом цикле НЧ и их потенциальной опасности, а также объёма их производства.

5.6.4. Животных отлавливают при контроле в количествах, достаточных для обеспечения репрезентативности контроля. Репрезентативность при отборе проб животных тканей обеспечивается в соответствии с МУ 1.2.2741—10 (п. 4.3).

5.6.5. В связи с тем, что грызуны являются носителями различных инфекций, все операции по отлову, транспортированию животных, препарированию биологических образцов рекомендуется проводить, строго руководствуясь правилами биологической безопасности. Отлов животных производится с помощью живоловок. Орудия лова и другой инструмент, соприкасающийся в процессе работы с грызунами (капканы, мешочки и т. д.), рекомендуется перевозить и переносить в закрытой таре. Хранить орудия лова, так же, как и собранный материал, рекомендуется в специальных хранилищах, исключающих несанкционированный доступ. Живых грызунов помещают в металлические или обитые изнутри оцинкованным железом отсадники или ящики. Грызунов, добытых мертвыми, складывают в специальные мешочки, которые затем хранят в ящиках.

Вскрытие, забор проб органов и тканей животных проводится согласно МУ 1.2.2741—10 «Порядок отбора проб для выявления и идентификации НМ в лабораторных животных».

5.6.6. Контроль НЧ/НМ в органах и тканях наземных животных осуществляется в следующей последовательности:

1) органы пищеварительной системы (кишечник, печень);
2) органы дыхательной системы (легкие);
3) органы мочевыделительной системы (почки);
4) органы и ткани кровеносной системы (сердце, кровь);
5) органы нервной системы (мозг);
6) покровные ткани (кожа);
7) экскреты (моча, молоко, кал).
8) гонады.

В связи с тем, что проведение анализа на содержание искусственных НЧ во всех перечисленных органах представляет собой весьма трудоёмкую задачу, рекомендуется конкретизировать набор органов для анализа в каждом случае, руководствуясь, в первую очередь, наиболее возможным путём поступления НЧ в организм

животного – через желудочно-кишечный тракт, дыхательную систему или кожу:

– при пероральном попадании НМ: желудок, кишечник, печень (за исключением железосодержащих НЧ), почки, мозг, кровь, плазма, селезенка (за исключением железосодержащих НЧ), кал, моча;

– при попадании на кожу: эпидермис, дерма, кровь, плазма;

– при попадании ингаляционным путём: легкие, кровь, плазма, почки, мозг, печень (за исключением железосодержащих НЧ), селезенка (за исключением железосодержащих НЧ), моча.

5.6.7. Лабораторный анализ отобранных образцов проводится в соответствии с МР 1.2.2641—10 и 1.2.2639—10. Пробоподготовка биологических образцов проводится в соответствии с указанными методическими рекомендациями для каждого конкретного метода.

Метод ПЭМ применим для выявления и идентификации искусственных НЧ металлов и оксидов металлов, агрегатов углеродных частиц (нанотрубок и фуллеренов), некоторых полимерных частиц. На основании более высокой электронной плотности по сравнению с биологическим материалом, а также характерной формы и размера частиц, возможна непосредственная визуализация НЧ в органах и тканях животных. Аналитические методики, такие, как дифракция электронов и СХПЭЭ позволяют идентифицировать детектируемые частицы. При составлении программы контроля учитывают, что метод ПЭМ позволяет детектировать НЧ только в случае высокой аккумуляции в организмах животных. Так, в общем случае, метод ПЭМ применим для контроля НЧ в организмах животных в случае большого выброса НЧ/НМ в окружающую среду. Можно применять его в отдельных контрольных точках, либо после выявления элементов искусственных НЧ другими методами, например, AES, ICP-MS, ВЭЖХ для визуализации искусственных НЧ в органах животных и определения их локализации.

Применение при скрининговой оценке содержания НЧ/НМ в органах и тканях животных методов AES, ICP-MS возможно в условиях, перечисленных в п. 4.7.

5.6.8. В случае подтверждения факта наличия НЧ в организмах животных на контролируемых территориях вокруг производственного объекта область контроля расширяют и проводят дополнительный анализ за границами контролируемых во время планового контроля участков местности для выяснения границ распространения загрязнения; особое внимание уделяют контролю местности вблизи жилых районов и на сельхозугодьях.

Приложение 1

Обозначения и сокращения

БАД	Биологически активная добавка к пище
ВЭЖХ	Высокоэффективная жидкостная хроматография
ИФА	Иммуноферментный анализ
НМ	Наноматериалы
НЧ	Наночастицы
ОТ	Обратная транскрипция
СЗЗ	Санитарно-защитные зоны
ПЦР	Полимеразная цепная реакция
ПЭМ	Просвечивающая электронная микроскопия
СОП	Стандартные операционные процедуры
СХПЭЭ	Спектр характеристических потерь энергии электронов
ЭФ в ПААГ	Электрофорез в полиакриламидном геле
AES	Атомно-эмиссионная спектрометрия
ICP-MS	Масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой

Приложение 2

Рекомендуемый перечень и краткая характеристика стандартных образцов, применяемых при выявлении, идентификации и количественном определении приоритетных НЧ/НМ в объектах окружающей среды

№	Наименование наноматериала, химическая формула	Стандартизируемые параметры	Среднечисленный размер частиц, нм
1	2	3	4
1	Диоксид кремния кристаллический (кварц) SiO_2	Размер частиц, кристаллическая структура	10, 30, 90
2	Диоксид кремния аморфный (кремнезём, silica) $xSiO_2.yH_2O$	Размер частиц	20—50
3	Оксид алюминия Al_2O_3	Размер частиц, кристаллическая структура	10, 30, 90
4	Диоксид титана (анатаз)TiO_2	Размер частиц, кристаллическая структура	10, 20—30
5	Диоксид титана (рутил) TiO_2	Размер частиц, кристаллическая структура	3—5 (малая ось) 40—90 (большая ось)
6	Карбид кремния SiC	Размер частиц	10, 30, 90
7	Аморфный углерод (сажа) С	Размер частиц	30—90
8	Алмаз С	Размер частиц	30—80
9	Нанотрубки углеродные многостенные длинные	Диаметр	5—20
		Длина	> 1000
		Число слоёв	Не менее 2

Продолжение прилож. 2

1	2	3	4
10	Нанотрубки углеродные многостенные короткие	Диаметр	5—20
		Длина	100—1000
		Число слоёв	Не менее 2
11	Нанотрубки углеродные одностенные	Диаметр	0,5—5,0
		Длина	>1000
12	Нитрид титана Ti_3N_4	Размер частиц	20—50
13	Нанопластинки алюмосиликатов (глины)	Толщина пластинки	1—2
		Диаметр пластинки	1000—2000
14	Квантовые точки CdSe, CdTe, ZnSe	Размер частиц	3—10
		Максимум возбуждения и эмиссии флуоресценции	В видимой области спектра
15	Оксид циркония ZrO_2	Размер частиц	40—60
16	Нитрид кремния Si_3N_4	Размер частиц	50—90
17	Кубический нитрид бора BN	Размер частиц	20—50
		Кристаллическая структура	Кубическая решётка (аналог алмаза)
18	Нанопорошок молибдена Mo	Размер частиц	30—80
19	Нанопорошок вольфрама W	Размер частиц	30—80
20	Нанопорошок рения Re	Размер частиц	30—80
21	Нанопорошок висмута Bi	Размер частиц	30—80
22	Нанопорошок сурьмы Sb	Размер частиц	30—80

Продолжение прилож. 2

1	2	3	4
23	Наночастицы серебра (дисперсия) Ag	Размер частиц	3—5; 10—15; 20—30
		Распределение по размерам	Лог нормальное
		Концентрация (по серебру)	0,1—1,5 мг/см^3
24	Оксиды железа Fe_2O_3 , Fe_3O_4	Размер частиц	30—80
		Степень окисления железа	+3 ; +3 с примесью +2
25	Наночастицы селена Se	Размер частиц	50—90
26	Наночастицы кобальта Co	Размер частиц	30—80
27	Наночастицы никеля Ni	Размер частиц	30—80
28	Оксид никеля NiO	Размер частиц	30—80
29	Наночастицы платины Pt	Размер частиц	30—80
30	Наночастицы палладия Pd	Размер частиц	30—80
31	Наночастицы родия Rh	Размер частиц	30—80
32	Наночастицы меди Cu	Размер частиц	30—80
33	Наночастицы фторопласта (перфторуглерода), дисперсия	Размер частиц	50—90
34	Нановолокна и нанотрубки силикатов и алюмосиликатов	Диаметр волокна	10—30
		Длина волокна	> 1000
		Состав	Основной силикат магния (хризотил)

gost.e-ecolog.ru